

Etude comparative entre deux modèles de prédiction du dommage avec des résultats expérimentaux pour les matériaux composites soumises aux chargements spectraux

Mohammed BOUSFIA^{1*}, M. ABOUSSALEH¹ and B. OUHBI²

¹Equipe Mécanique et Ingénierie Intégrée (MII)

Ecole National d'Arts et Métiers (ENSAM). Meknès, Marjane II, Beni Mhamed, Morocco

Email: mohammedbousfia@hotmail.com, aboussaleh_med@yahoo.fr

²Equipe d'Analyse Mathématique et Simulation Numérique des problèmes en mécanique

Ecole National d'Arts et Métiers (ENSAM). Meknès, Marjane II, Beni Mhamed, Morocco

Email: ouhbi@yahoo.co.uk

Résumé :

Les résultats d'essais statiques et dynamiques effectuées sur un ensemble de stratifiés composites ont été exploitées afin de déterminer deux modèles de fatigue, l'un basé sur la loi de Miner et l'autre basé sur la dégradation de la rigidité globale. Diverses simulations ont été effectuées et comparées à des résultats expérimentaux menées par M. Aboussaleh et R. Boukhili [2]. Nous avons conclu que le modèle phénoménologique donne des résultats proches aux essais expérimentaux par rapport à ceux obtenus avec le modèle linéaire.

Le mode de rupture sur lequel nous nous sommes focalisé au cours de notre travail est celui de la rupture par délaminage inter-laminaire.

Vis-à-vis les résultats expérimentaux, ce document présentera deux modèles de prédiction de dommage en vue de les comparer aux résultats expérimentaux disponibles dans la littérature.

Aujourd'hui ; les matériaux composites sont d'une grande importance vu leur excellent rapport résistance à la fatigue et faible poids, et ce en plusieurs domaines civil et militaires tel que l'industrie aéronautique, automobile, navale ...et comme d'habitude, chaque matériau atteint la faille vers la fin de sa durée de vie qui se manifeste par l'occurrence des ruptures. Jusqu'au jour, les chercheurs mettent leur efforts en service afin d'aboutir à des modèles exactes et générales de prédiction de dommage des structures composites. De notre côté, nous essaierons de comparer trois modèles afin de voir le plus précis et cohérent avec les résultats expérimentaux. Durant tout le travail, nous avons adopté un signal de chargement aléatoire, stationnaire, ergodique de Gauss. Les échantillons d'essais qu'on a utilisé sont des plaques stratifiés composites en graphite époxy d'empilement : $[+45/0/90]_3s$. En premier lieu, nous avons procédé à une étude approfondie de la rupture inter-laminaire des matériaux composites soumis à des chargements stochastiques. Le choix de ce mode de rupture s'est inspiré du fait que ce mode de défaillance est le plus prédominant, ainsi qu'il est dangereux puisqu'il survient subitement entre les couches du matériau, donc invisible et indétectable. Les résultats des essais expérimentaux, nous ont permis de déterminer les dimensions de la pièce amenant qu'à ce mode de rupture.

Puis, on a appliquée des charges de fatigue sur un ensemble d'échantillons en vue de tracer la courbe de Wöhler ; qui va nous servir vis-à-vis les résultats obtenues précédemment ainsi que la courbe de la droite de Goodman et en se basant sur la loi de fatigue de Miner à la construction du premier modèle de prédiction de fatigue (modèle linéaire des dommages).

Par la suite, à la base une série d'essais expérimentaux à 75% et 25% de la charge maximale supporté par la pièce examinée, on a pu définir le deuxième modèle de prédiction de durée de vie (Modèle de dégradation de la rigidité).

En deuxième temps, et suite à une analyse des résultats trouvés, nous avons constaté que les deux modèles cités au-dessus se rapprochent des résultats expérimentaux. On remarque que la corrélation est très bonne pour le modèle de dégradation de la rigidité. D'autre part, les effets de la séquence de charge et d'interactions ne sont pas pris en compte dans le modèle de dommage linéaire, ce qui peut conduire à une certaine différence entre les prédictions du modèle et les résultats expérimentaux.

References

- [1] S. Adden, P. Horst, Stiffness degradation under fatigue in multiaxially loaded non-crimped-fabrics, Int J Fatigue 32 (2010) 22-108
- [2] M. Aboussaleh and R. Boukhili, Life Prediction for Composite Laminates Submitted to Service Loading Spectra, June (1998); Vol. 19; 241-245
- [3] Yung-Li Lee, Tana Tjhung, [Chapter 3 - Rainflow Cycle Counting Techniques](#), Metal Fatigue Analysis Handbook (2012) 89-114
- [4] Dowling NE, Fatigue-failure predictions for complicated stress-strain histories, J Mater ASTM 7(1) (1972) 71-87
- [5] Xavier Pitoiset, Méthodes spectrales pour une analyse en fatigue des structures métalliques sous chargements aléatoires multiaxiaux, 30 Mars (2001) 29-38
- [6] S. Giancane, F.W. Panella, V. Dattoma, Characterization of fatigue damage in long fiber epoxy composite laminates, Inter J of fatigue 32 (2010) 46-53
- [7] JM. Hodgkinson, Mechanical testing of advanced fibre composites, CRC Press, 2000
- [8] SR. Reid and G. Zho, Impact behaviour of fibre-reinforced composite materials and structures, CRC Press, 2000
- [9] Sun Q et al, A statistically consistent fatigue damage model based on Miner's rule, Int J of Fatigue (2013)
- [10] LD. Lutes, S, Sarkani. Stochastic analysis of structural and mechanical vibrations, Prentice-Hall, 1997
- [11] D. E. Cartwright and M. S. Longuet Higgins, Proc. Roy. Statistical, Soc, Serie A277, 212 (1956)
- [12] R.Talreja, Fatigue damage evolution in composites-A new way forward in modeling. 2nd Int Conf on Fatigue of Composites, Williamsburg, 4 -7 June 2000, 9.1